

PENGARUH PERSENTASE BERAT SiC TERHADAP SIFAT MEKANIS PADUAN Al-Si-Mg-TiB YANG DIPERKUAT SERBUK SiC

Mujiono*, Sulardjaka, Sri Nugroho

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto SH, Tembalang, Semarang 50275

*Email: Mujiono_patii@yahoo.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab permasalahan pada pembuatan MMC dengan proses pengecoran, yaitu sulitnya pencampuran matriks Al cair dan partikel SiC, dispersi SiC yang tidak homogen, serta permukaan SiC yang tidak terbasahi oleh matriks cair. Proses pengecoran dilakukan dengan menggunakan stir casting, Al7Si digunakan sebagai bahan matriks, dan partikel SiC digunakan sebagai penguat dengan persentase 2,5%, 5 % dan 7,5 %. Mg 1 % ditambahkan untuk meningkatkan wettability dan penambahan 1 % TiB sebagai grain refinance atau penghalus butir untuk meningkatkan kekuatan. Semi solid stir casting dilakukan untuk mempermudah pencampuran antara matriks dengan partikel penguat. Dengan metode tersebut, partikel SiC berhasil terdispersi secara merata dalam matrik Al7Si. Butiran menjadi lebih kecil dan halus akibat penambahan 1 % TiB sehingga mampu meningkatkan kekuatan MMC dan penambahan Mg 1 % dapat meningkatkan wettability serta kekerasan MMC. Kekerasan juga meningkat seiring dengan penambahan persentase SiC. Kekerasan tertinggi sebesar 82 HRB dicapai dengan penambahan Mg 1 % dan penambahan 1 % TiB serta SiC 7,5 %. Kekerasan meningkat sangat signifikan yaitu 41 % dibandingkan dengan kekerasan awal matriks Al7Si sebesar 55,1 HRB.

Kata kunci: *kekerasan, MMC, SiC, stir casting*

1. PENDAHULUAN

Kelemahan utama pencampuran partikel keramik dalam matriks cair adalah partikel keramik biasanya sulit terbasahi oleh matrik cair, dan partikel keramik cenderung mengendap dan kadang juga mengapung, tergantung dari berat jenisnya apakah lebih besar atau lebih kecil dibanding matrik cair. Hal tersebut menyebabkan distribusi partikel keramik tidak seragam (Asthana dan Rohatqi, 1992). MMC memadukan sifat mekanik matrik paduan (ulet dan tangguh) dengan sifat keramik sebagai penguat (kekuatan dan modulus elastisitas yang tinggi). Hasil paduan sifat tersebut menghasilkan komposisi yang lebih kuat ketika menerima beban geser dan beban tekan, serta kemampuan yang baik untuk digunakan pada suhu tinggi (Soe dan Kang, 1995).

Penelitian pernah dilakukan oleh Ozben dkk (2008), yang meneliti tentang pengaruh partikel keramik berupa SiCp dengan menggunakan matrik AlSi7Mg2 terhadap sifat mekanik bahan. Prosentase SiCp yang digunakan adalah 5 %, 10 % dan 15 %. Hasil penelitian adalah bahwa penambahan persentase SiCp akan meningkatkan sifat mekanik seperti kekerasan dan ketangguhan. Kekuatan tarik akan meningkat pada penambahan SiCp sampai 10 %, dan kemudian menurun pada 15 % SiCp. J. Hashim dkk (2002), gas yang terjebak selama proses pencampuran melalui *stir casting* memicu adanya porositas yang akan menurunkan kekuatan.

Mahmood Ghauri dkk (2013) dalam penelitiannya, pengadukan pada kondisi cair sempurna mengakibatkan partikel penguat mengapung di permukaan matrik cair. Pengadukan pada kondisi semi solid bisa membantu penyatuan matrik dan penguat. Namun harus dipanaskan lagi sampai suhu penuangan. Balasivananda (2006), meneliti pengaruh kecepatan putaran pengaduk dan waktu pengadukan terhadap distribusi partikel pada MMC. Bahan yang digunakan adalah partikel SiCp dengan matrik Aluminium A348. Hasil terbaik yang direkomendasikan adalah kecepatan pengadukan 600 rpm dan waktu pengadukan 10 menit.

Dengan penambahan unsur Mg bisa meningkatkan *wetability* matrik A359 cair terhadap partikel SiC. Namun penambahan unsur Mg yang melebihi 1 % berpotensi untuk meningkatkan viskositas dan mengurangi penyebaran partikel SiC Hashim dkk (2001). Mekanisme stiring diperlukan untuk meningkatkan *wetability*. Mondal dkk (2012), ukuran butir paduan Al menurun seiring dengan peningkatan penambahan Al-TiB. Penambahan paling efektif adalah pada 10 % Al-TiB (1 %TiB).

Proses pembuatan MMC berpenguat partikel SiC dengan cara pengecoran mempunyai dua kelemahan utama. Pada proses pencampuran partikel keramik ke dalam matrik cair, partikel keramik SiC biasanya tidak terbasahi permukaannya oleh matrik cair atau *wettability* yang kurang, dan yang kedua adalah adanya kecenderungan partikel keramik untuk mengendap atau terapung, tergantung dari densitas partikel apakah lebih besar atau lebih kecil dibanding matrik cair. Untuk partikel SiC dengan densitas $3,2 \text{ gram/cm}^3$ yang lebih besar dari densitas aluminium $2,7 \text{ gram/cm}^3$ akan cenderung mengendap. Hal tersebut menyebabkan distribusi partikel keramik tidak seragam dan kebanyakan mengendap dibagian bawah. Dengan adanya distribusi partikel yang tidak seragam, tentunya akan berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan, sehingga sifat mekanik bahan yang diinginkan tidak bias tercapai. Untuk itu perlu dilakukan suatu penelitian agar diperoleh cara yang tepat untuk meningkatkan *wettability* matrik terhadap partikel penguat dan agar distribusi partikel didalam matrik bisa merata.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan sebaran partikel penguat berupa SiC yang homogen di dalam matrik AlSi dengan menggunakan metode *semi solid stir casting*. Penambahan unsur paduan Mg dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap *wettability* matrik AlSi terhadap partikel SiC, serta persentase Mg yang bias ditambahkan ke dalam matrik untuk mendapatkan *wettability* yang baik dan sifat mekanik yang diinginkan serta di tambahkan TiB untuk memperkecil ukuran butir Al untuk meningkatkan kekuatan komposit.

2. METODOLOGI

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan MMC dengan matrik paduan aluminium dan partikel penguat SiC.

Tabel 1. Komposisi kimia bahan

Bahan	Komposisi Kimia (%)							
	Al	Si /SiC	Fe	Ti	B	Mg	Mn	Lainnya
Al7Si (ingot)	92,39	7,26	0,147	-	-	0,07	0,008	0,125
Mg (ingot)	0,022	0,013	0,003	-	-	99,93	0,012	0,02
SiC (serbuk)	0,03	98,6	0,1	-	-	0,03	-	1,24
AlTiB	93	0.16	0.16	5.00	0.98	-	-	0,05

Bahan yang digunakan yaitu Al7Si dan Al7SiMg yang di buat dengan dengan jalan menambahkan Al7Si dan menambahkan 1 % Mg untuk meningkatkan *wettability* dan menambahkan 1 % TiB sebagai *grain refiner* juga dilakukan untuk mendapatkan ukuran butir yang halus dengan sifat yang lebih keras dan kuat. Untuk penguatnya di tambahkan SiC dengan variasi 2,5 %, 5 % dan 7,5 % wt.

Proses yang dilakukan adalah pertama melakukan persiapan bahan-bahan yang akan dilebur yaitu Al7Si ingot, Mg ingot dan TiB. Bahan-bahan tersebut dipotong-potong dengan mesin potong sampai berukuran kecil. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam pengaturan komposisi dan proses peleburan. Masing-masing bahan ditimbang untuk mendapatkan komposisi massa sesuai dengan variasi. Disiapkan juga SiC dengan persen massa 2,5 %, 5 %, 7,5 %, AlSi ingot, Mg dan TiB kemudian dimasukkan ke dalam tungku peleburan, dan dipanaskan sampai suhu 700°C untuk mencapai kondisi cair sempurna. Setelah itu di turunkan suhunya sampai suhu 590°C untuk mencapai kondisi semi solid. Sementara itu SiC juga dipanaskan sampai suhu 500°C . Bersamaan dengan itu juga cetakan logam juga dipanaskan sampai suhu 200°C untuk meningkatkan *fluiditas*. SiC yang sudah dipanaskan kemudian dimasukkan ke dalam tungku untuk dicampur dengan matrik semi solid. Pengadukan dengan *stirrer* dengan sudut *blade* 45° dengan kecepatan putar 600 rpm dilakukan agar terjadi dispersi yang homogen dan permukaan SiC terbasahi dengan baik oleh matrik. Pengadukan dilakukan sambil suhu dinaikkan hingga suhu penuangan yaitu 850°C . Kemudian dilanjutkan dengan penuangan pada cetakan yang sudah dipanaskan terlebih dahulu hingga 200°C . Pendinginan dilakukan pada suhu ruang. Setelah hasil cor mencapai suhu ruang dan padat, baru dilepaskan dari cetakan. Kemudian bahan dipotong sesuai dengan ukuran spesimen pengujian.



Gambar 1. Hasil Coran

Pada pengujian densitas specimen dipotong dengan ukuran 20 mm x 20 mm x 20 mm. Kemudian dilakukan pengukuran densitas aktual dengan neraca densitas digital. Densitas teoritis ($\rho_{theoretical}$) dihitung dengan kaidah *rule of mixture* sebagai berikut:

$$\rho_{theoretical} = (\rho_{Al7Si} \times \%_{Al7Si}) + (\rho_{Mg} \times \%_{Mg}) + (\rho_{SiC} \times \%_{SiC}) \quad (1)$$

Keterangan:

ρ adalah masa jenis teoritis masing-masing bahan.

Harga densitas aktual (ρ_{actual}) kemudian dibandingkan dengan densitas teoritis untuk mendapatkan nilai porositas dari hasil pengecoran dengan persamaan sebagai berikut:

$$P(\% \text{Void}) = \frac{\rho_{theoretical} - \rho_{actual}}{\rho_{theoretical}} \times 100\% \quad (2)$$

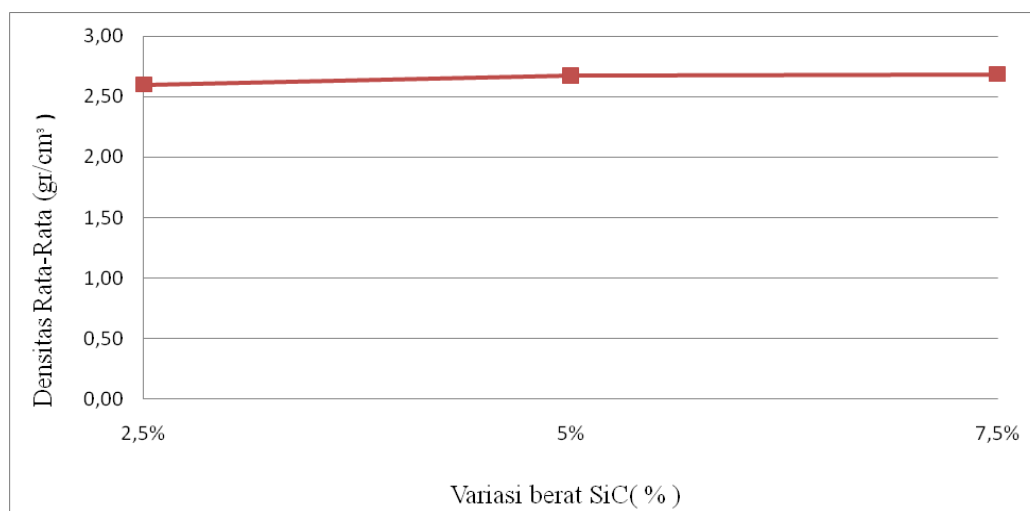
Keterangan:

P adalah porositas dari hasil pengecoran.

Pada pengujian ini menggunakan pengujian kekerasan Rockwel B (HRB) dan berpedoman pada standar ASTM E18-11. dalam pengujian ini specimen dipotong dengan ukuran 2 cm x 2 cm x 2 cm. Alat yang digunakan adalah alat uji kekerasan Rockwell HR-150A. Disiapkan 3 buah specimen yang diambil dari bagian bawah, tengah dan atas hasil cor. Specimen yang sudah dipotong kemudian dihaluskan permukaannya dengan mesin poles. Setelah itu diuji kekerasannya dengan melakukan 3 kali penekanan indentor untuk tiap spesimennya. Pengujian struktur mikro dilakukan dengan mikroskop optic Olympus dengan perbesaran 500X. Specimen dipotong dengan dimensi 2 cm x 2 cm x 2 cm. Kemudian dilakukan pemolesan permukaan dengan mesih poles menggunakan amplas nomor 80 hingga 2000 serta autosol. Pengetesaan dilakukan dengan cairan 1,5 ml NaOH₃, 2,5 ml HCl, 1 ml HF dan 95 ml H₂O.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian densitas dapat dilihat pada tabel rata-rata komposit AlSi-Mg-TiB/SiC dibawah ini:

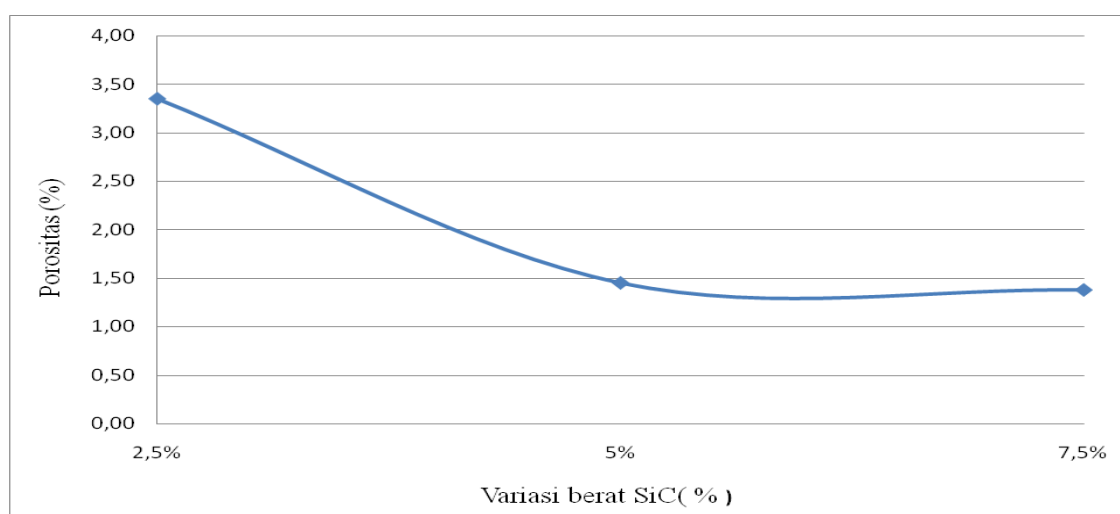


Gambar.2 Grafik Densitas AlSi-Mg-TiB/SiC

Tabel 2. Hasil rata-rata uji densitas komposit AlSi-Mg-TiB/SiC

Hasil rata-rata uji densitas komposit AlSi-Mg-TiB/SiC	
Jumlah persentase SiC (%)	Hasil rata-rata
2.5	2,60
5	2,67
7.5	2,68

Dari hasil uji densitas yang ditunjukkan pada table 2 bahwa densitas tertinggi ada pada hasil pengecoran dengan penambahan SiC 7,5 % yaitu 2,68 gr/cm³ dan densitas paling rendah yaitu sekitar 2,60 gr/cm³ dan densitas ini lebih kecil jika dibandingkan dengan densitas matriknya yaitu sebesar 2,73 gr/cm³. Dengan peningkatan penambahan jumlah SiC maka densitas juga akan meningkat. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan SiC yang densitasnya lebih besar daripada unsur aluminium. Kesimpulan dari data yang diperoleh terlihat bahwa nilai densitas tidak ada yang homogen untuk 0%, 2,5%, 5% dan 7,5%. Ketidakhomogenan ini disebabkan oleh faktor pengecoran yang kurang baik sehingga matrik dan SiC tidak tersebar merata, dan banyaknya jumlah porositas pada setiap daerah komposit yang berbeda-beda.



Gambar 3. Grafik Porositas AlSi-Mg-TiB/SiC

Tabel 3. Hasil rata-rata uji porositas komposit AlSi-Mg-TiB/SiC

wt SiC	Densitas Teoritis	Densitas aktual	Porositas (%)
2.5%	2,69	2.60	3.35
5%	2,71	2.67	1.45
7.5%	2.72	2.68	1.38

Gambar di atas merupakan grafik dari nilai pengujian rata – rata porositas yang di hasilkan dari pengujian porositas.dari data diatas bisa kita lihat nilai porositas tertinggi pada penambahan SiC 2.5 % yaitu sekitar 3.35%.sedangkan porositas terendah pada penambahan SiC 7.5 % yaitu sekitar 1.38% hal ini sesuai dengan hasil peneliti sebelumnya yang diteliti oleh amirkhanlou dkk bahwa Penambahan SiC dalam bentuk komposit ALSiCp serbuk yang diproses pada semi solid menurunkan ukuran partikel SiCp, meningkatkan wettability, meningkatkan distribusi partikel dan meningkatkan kekerasan 10% dan menurunkan porositas sekitar 68%.

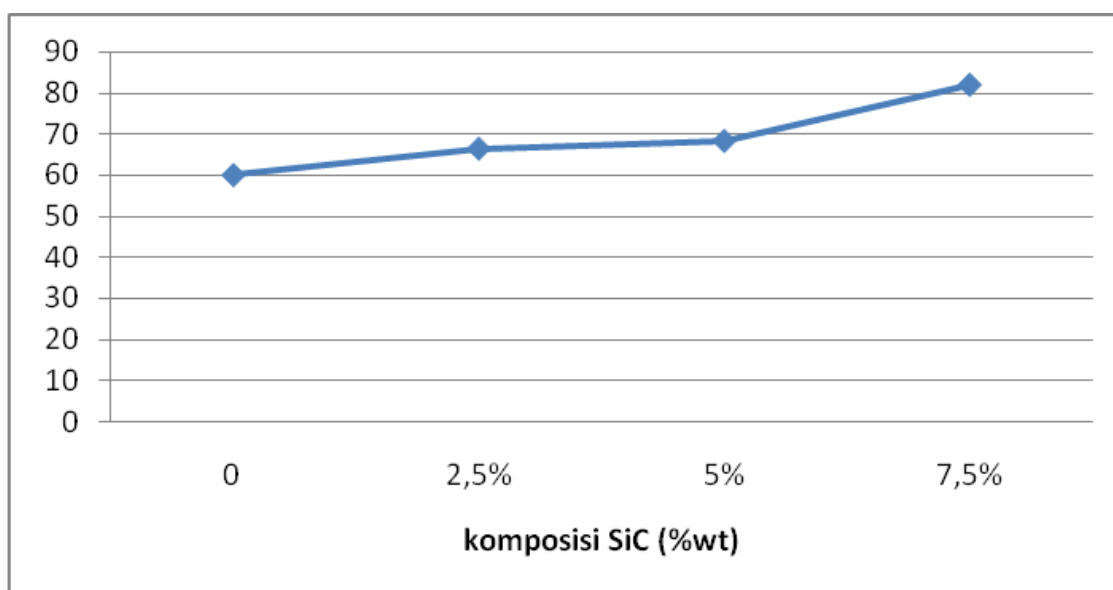
3.1 UJI KEKERASAN

Uji kekerasan rockwell B (HRB) menggunakan standar yang berpedoman pada standar ASTM E18-11 dan menghasilkan data kekerasan material sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil uji kekerasan komposit AlSi-Mg-TiB/SiC

Hasil uji kekerasan komposit AlSi-Mg-TiB/SiC	
Persentase berat SiC (%)	Hasil kekerasan (HRB)
0	58.6
2,5	66.25
5	68.25
7,5	82

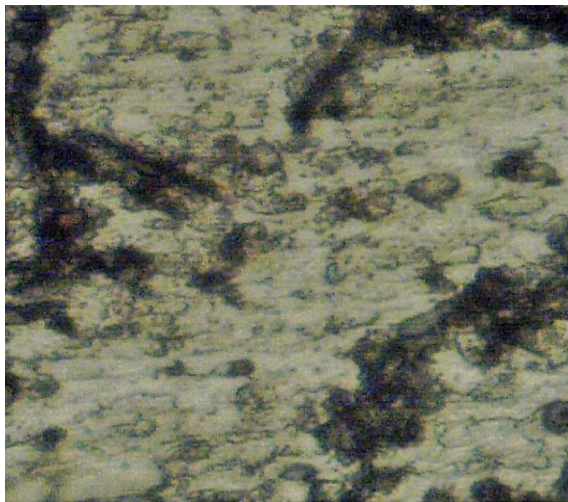
Dari data tabel diatas diperoleh grafik unutupuk uji kekerasan rockwell B (HRB) dibawah ini:

**Gambar 4. Grafik Uji Kekerasan Alsi-Mg-Tib**

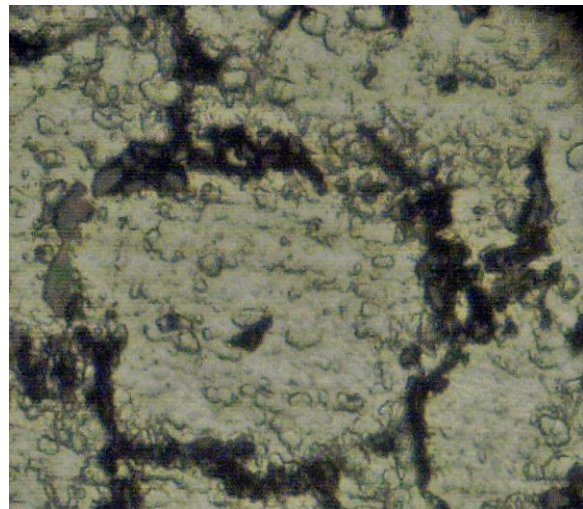
Dari grafik diatas bisa kita lihat bahwa kekerasan akan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah SiC pada matrik AlSiMgTiB. Kekerasan tertinggi di dapat pada penambahan jumlah SiC sebesar 7, sebesar 36 %.hal ini sesuai dengan peneliti sebelumnya yang dilakukan oleh Samirkhanlou dkk Penambahan SiC dalam bentuk komposit ALSiCp serbuk yang diproses pada semi solid state menurunkan ukuran partikel SiCp, meningkatkan wettability, meningkatkan distribusi partikel dan meningkatkan kekerasan 10%. Nilai kekerasan yang semakin meningkat pada seiring banyaknya berat SiC yang diberikan membuktikan bahwa semakin besar persentase berat SiC maka semakin besar pula nilai kekerasannya.

3.1.1 Struktur Mikro

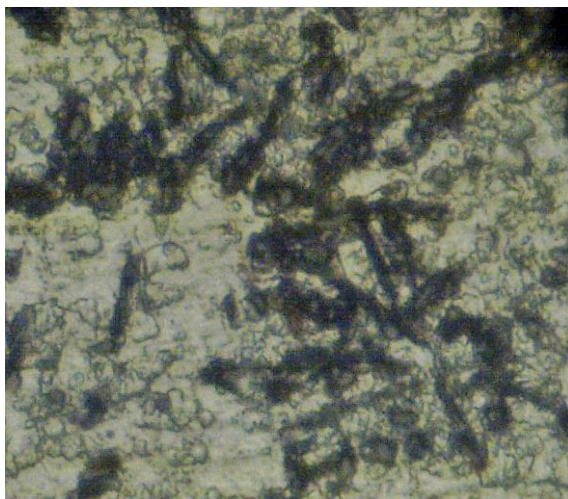
Pengujian struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik Olympus dengan perbesaran 200X dan menghasilkan foto mikro pada gambar 5 dan komposit dengan partikel penguat SiC pada gambar a, b dan c dibawah ini:



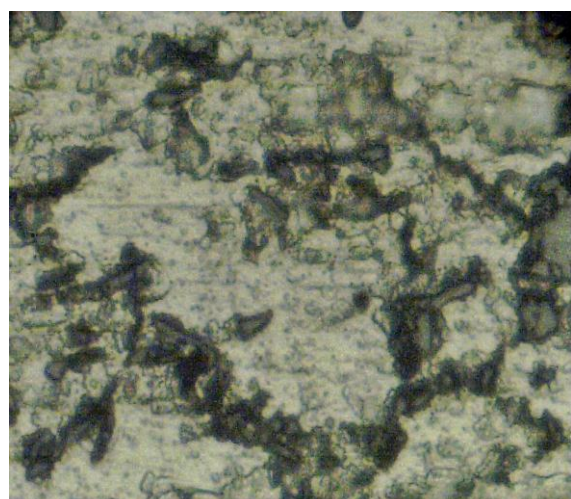
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5. Foto micro komposit Al₇Si₁Mg₁TiB (a) 0%, (b) 2,5 % SiC, (c) 5% SiC, (d) 7,5 % SiC

Dari hasil foto mikro di atas bisa kita lihat komposit Al7Si1Mg1TiB tanpa di perkuat SiC tampak abu – abu sedangkan pada gambar (b) tampak permukaan ke abu abuan dengan terdapat butiran yang bulat yang tidak beraturan melapisi permukaan matrik, dimana terdapat Mg di sekeliling Si, serta nampak pula butiran yang lebih halus pada komposit jika dibandingkan dengan matrik dan terlihat bahwa semakin banyak SiC semakin banyak pula SiC yang terdispersi pada Matrik sehingga mampu merata pada setiap butir matrik. Semakin banyak dan merata dispersi maka semakin kuat komposit.

4. KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat diambil kesimpulan bahwa:

- (1) Dengan meningkatnya jumlah SiC semakin meningkat juga densitas, hal ini disebabkan penambahan SiC yang densitasnya lebih besar dari aluminium
- (2) Kekerasan komposit AlSiMgTiB akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar SiC .
- (3) Peningkatan kekerasan tertinggi yaitu pada penambahan persentase berat SiC 7,5 % wt yaitu sekitar 41 % dari kekerasan material awal.
- (4) Persentase SiC diatas 10 % sulit sekali bercampur dengan matrik AlSiMgTiB di sebabkan butiran terlalu halus, persentase SiC terbaik yaitu pada persentase berat sebesar 7,5%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Ditlitabmas Dikti) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah mendanai kegiatan penelitian ini melalui skim dana penelitian Hibah Tim Pascasarjana tahun 2014 melalui Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Diponegoro Nomor DIPA – 023.04.02.189185/2014 tanggal 05 Desember 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook Vol 2, (1990), *Properties and Selection Nonferrous Alloy and Special-Purpose Materials*, ASM International.
- ASTM E18-11, (2012), *Standard Test Method for Rockwell Hardness of Metallic Materials*.
- Amirkhanlou dan B. Niroumand. 2010. Synthesis And Characterization Of 356-Sicp Composites By Stir Casting And Compocasting Methods. Department Of Material Engineering, Isfahan University.
- Balasivananda, 2006, "Influence of Stirring Speed and Stirring Time on Distribution of Particles in Cast Metal Matrix Composites", *Jounral of Material Processing Technology*, 171, pp. 268-273
- Ghauri, M.K., Ali, L., Ahmad, A., Ahmad, R., (2013), Synthesis and Characterization og Al/ SiC Composites made by Stir Casting Method, *Pak. J. Engg& Appl. Sci.*, 12, pp. 102-110.
- Hashim, J., Looney, L., Hashmi, MSJ., 2001, "The Wettability of SiC Particle in Cast Aluminium Matrix Composites", *Journal of Material Processing Technology*, Vol. 119, pp. 329-335
- Hashim, J., Looney, L., Hashmi, MSJ., 2002, "Particle distribution in cast metal matrix composites— Part I, pp.251 - 257
- Mondal, D.P., Nidhi, J., Badhul, S., 2011, "Effect Of Al-Tib Master Alloy Addition On Microstructure, Wear And Compressive Deformation Behavior Of Aluminum Alloys", *Advanced Materials and Processes Research Instituted India*, pp.1001–1011.
- Ozben T., Kilickap E., Cakir O., 2008, "Investigation of mechanical and machinability properties of Sic Particle Reinforced Al-MMC", *Journal of Materials Processing Technology*, 198, pp. 220-225
- R. Asthana, P.K. Rohatqi Z., *Metal* 83 (12) (1992) 887-892

Soe, Y. dan Kang, C.G., 1995, "The Effect of Applied Pressure on Particle Dispersion Characteristic and Mechanical Properties in Melt Stirring Squeeze Cast SiC/Al Composites", J. Mater Process, Technol. 55, pp.370-379.